

**VEĢETĀCIJAS INDEKSU IZSTRĀDE  
AUGU AUGŠANAS UN  
ATTĪSTĪBAS,  
KĀ ARĪ  
BIOĶĪMISKĀ SASTĀVA  
NOVĒRTĒŠANAI**

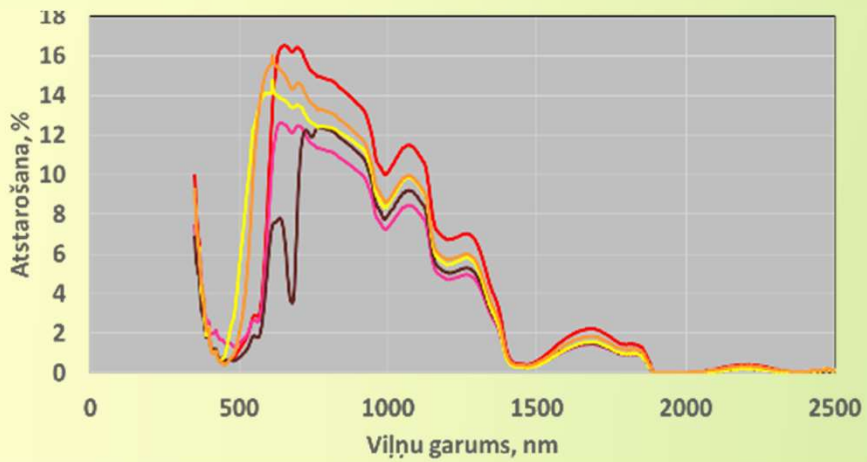
**Ina Alsiņa**

# Pētījumu virzieni

- Tomātu bioķīmiskā sastāva novērtēšana
- Tomātu gatavības pakāpes novērtēšana
- Gurķu augšanas un attīstības novērtēšana
- Gurķu miltrasas attīstības novērtēšanai
- Lapu dārzeņu augšanas novērtēšana
- Slāpekļa mēslojuma nepieciešamības novērtēšana

# Metodika

## Nedestruktīvās spektrometrija



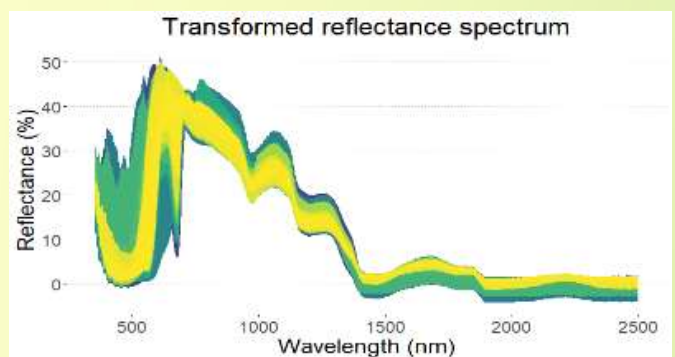
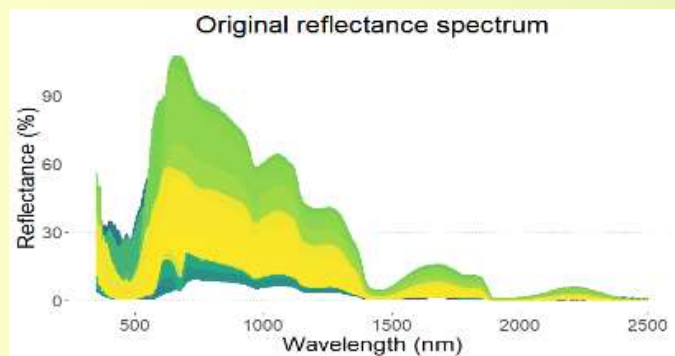
## Bioķīmiskās



# Tomātu bioķīmiskā sastāva novērtēšana

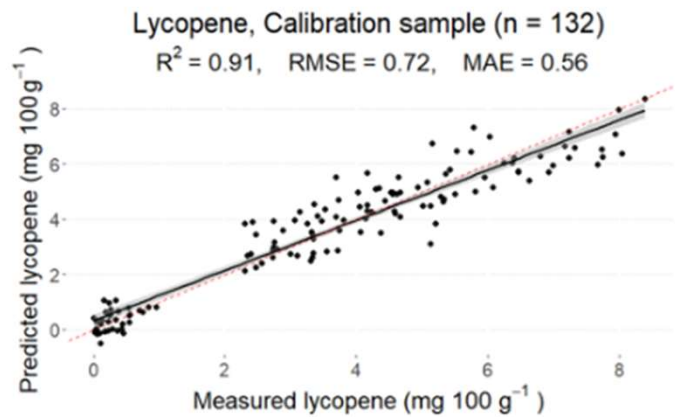
Testētas 80 tomātu šķirnes.

- Izstrādāts modelis

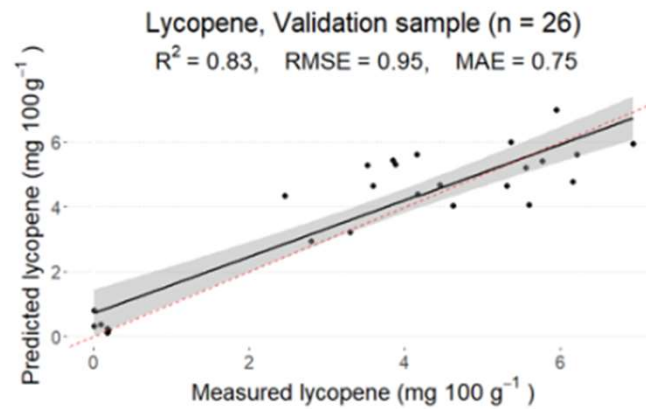


Tomātu augļi novākti no 2018. līdz 2022. gadam dažādos gadalaikos no augiem, kas audzēti plēves, polikarbonātā, stikla siltumnīcās ar vai bez papildu apgaismojuma un veikalā nopērkamajiem augļiem. Tomātus analizēja pilnā gatavības stadijā.

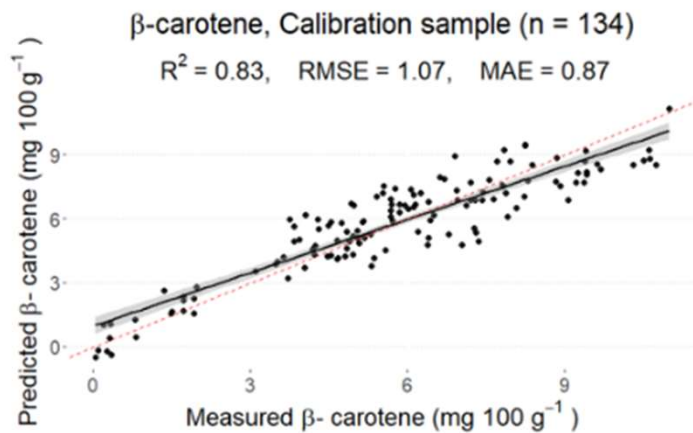




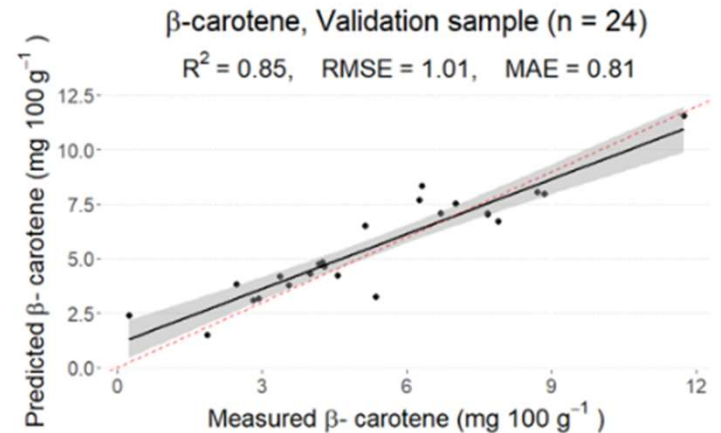
(a)



(b)



(a)



(b)

# Secinājumi

- Šī pētījuma rezultāti apstiprināja, ka redzamā un gandrīz infrasarkanā (Vis-NIR) spektroskopija ir precīza nedestruktīva metode tomātu augļu kvalitātes noteikšanai vienā skenēšanas reizē
- Izmantojot *partial least squares regression* (PLS) algoritmu, izstrādāts modelis, kas piemērots garšas indeksa, likopēna, flavonoīdu,  $\beta$ -karotīna, kopējo fenolu un sausnas satura prognozēšanai.
- Lai gan izmantotas 80 tomātu šķirnes, kurām ir lielas atšķirības augļu izmērā, formā, krāsā un iekšējā struktūrā, tika novērota spēcīga korelācija starp atstarošanas spektra datiem un vērtībām, kas iegūtas, izmantojot bioķīmisko analīzi.
- Ātri mērījumi ir būtiski, lai nodrošinātu augstu augļu kvalitāti, ko vēlas audzētāji, ražotāji un patērētāji; tādēļ ir nepieciešami turpmāki pētījumi, lai palielinātu pašreizējo modeļu noturību.



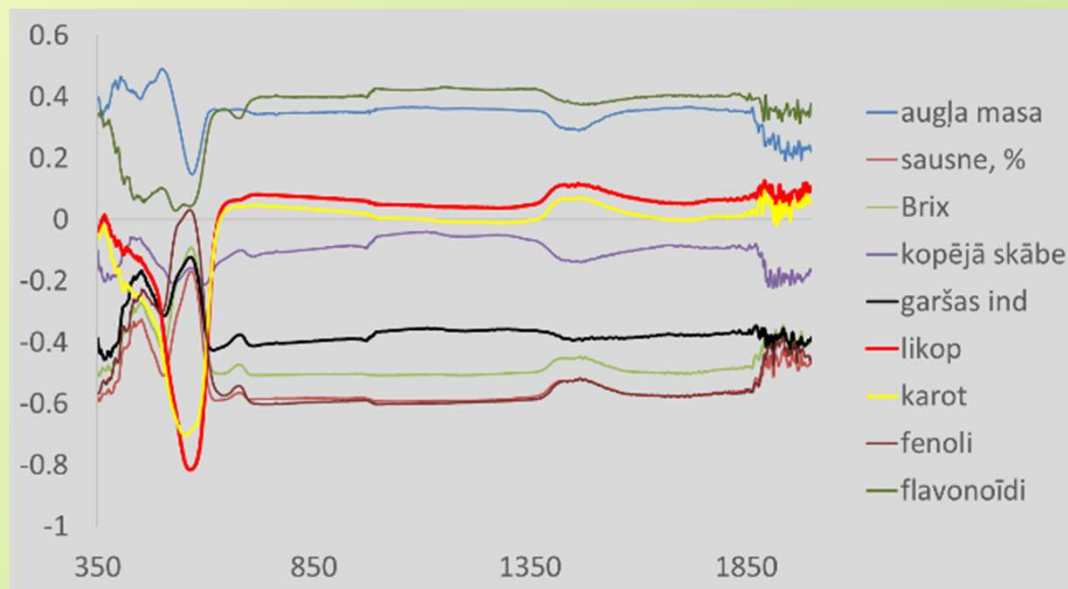
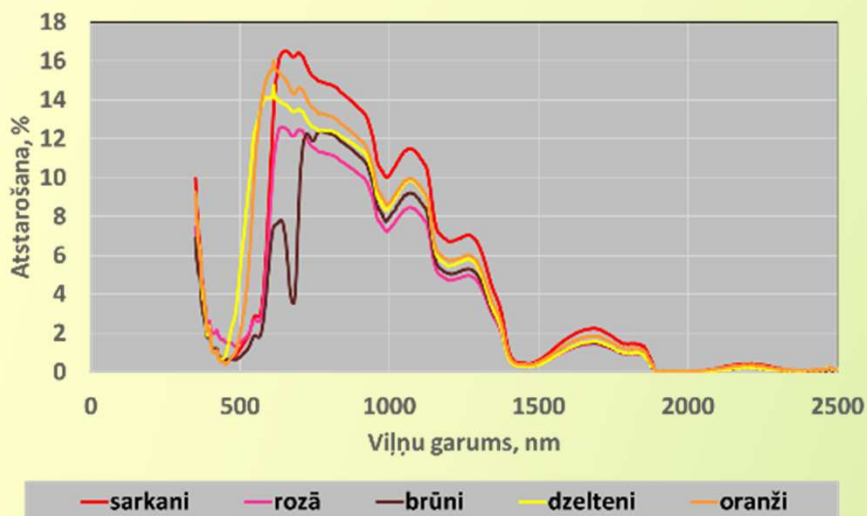
45 šķirnes:  
sarkani-12  
rozā- 8  
oranži-9  
dzelteni-2  
brūni-3  
raibi-11

Tomātu masa  
No 8.6 g ('Bellastar F1')  
līdz 482 g ('Ananas F1')



# Korelācija starp bioķīmiju un atstarošanu

Atstarošanas spektri





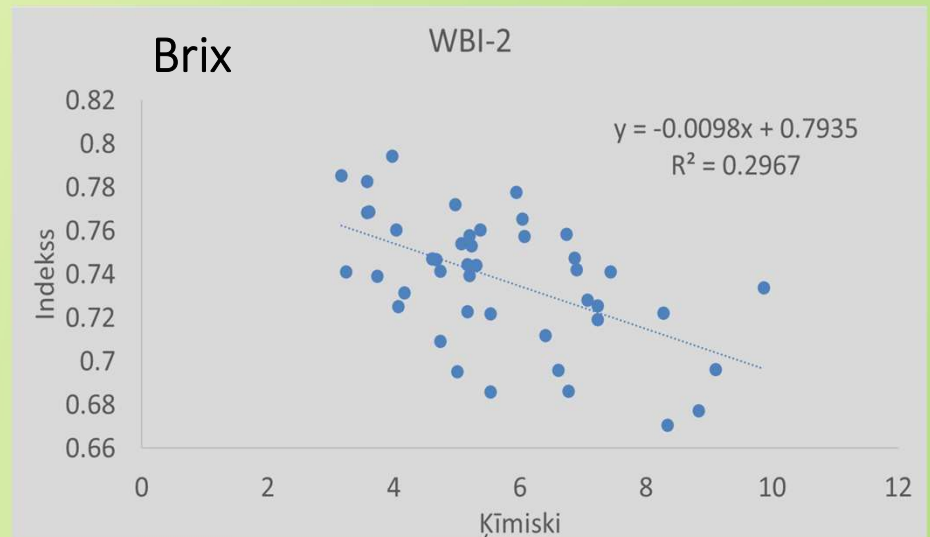
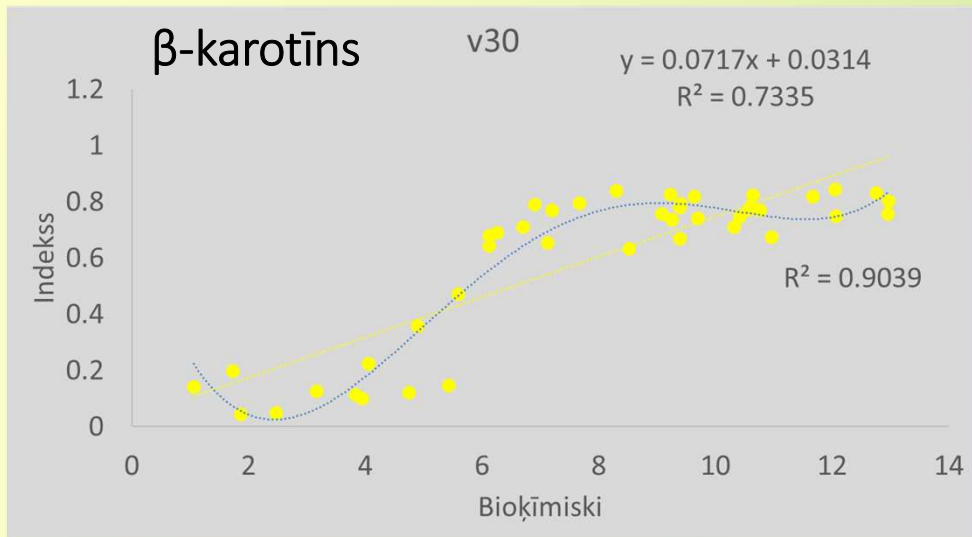
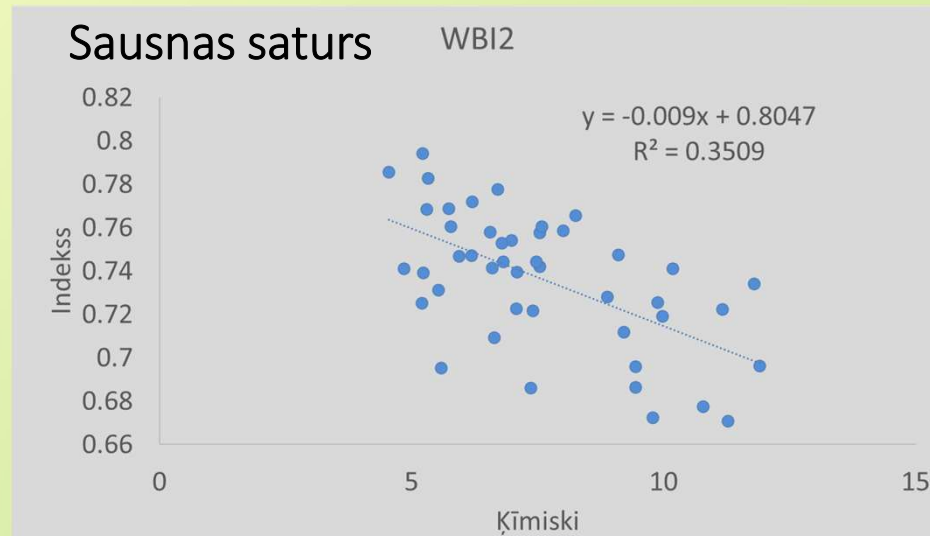
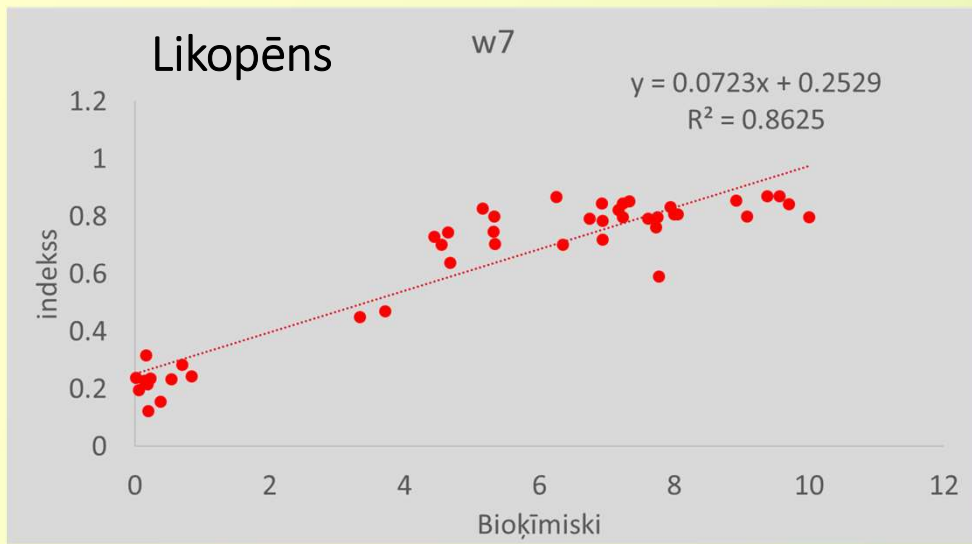


# Izmantotie indeksi



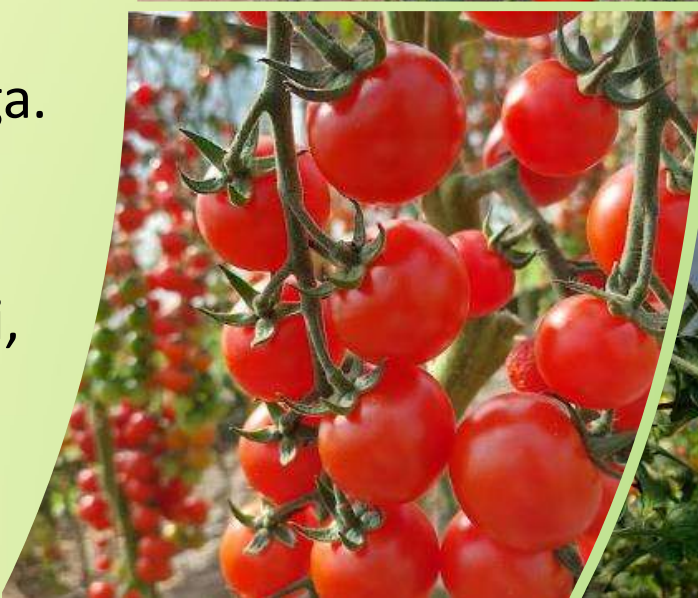
karotīnu atstarošana	$1/w510-1/550$ $(R445-R800)/(R670-R800)$
LYC	$(W630-W570)/(630+570)$ $(W643-w564)/(w643+564)$ $(W564-w1463)/(w1463+564)$
CAR	$(W630-W487)/(W630+W487)$ $(W643-w552)/(w643+w552)$ $(W552-w1463)/(w1463+w552)$
FLAVONOĪDU ATSTAROSANA	$(1/W410-1/460)*W800$ $(W357-w1463)/(w1463+w357)$ $(W643-w357)/(w643+w357)$ $\log(635/370)$ $(W1148-w1463)/(w1463+w1148)$
Fenoli	$(W643-w734)/(w643+w734)$ $(w734-w1463)/(w1463+w734)$ $(w1007-w1463)/w1007+w1463)$

STRUCTURE INTENSIVE PIGMENT INDEX	$(W800-W445)/(W800+W680)$
ZAĻUMA INDEX	$W554/W677$
NORMALIZED PHEOPHITINIZATION INDEX	$(W800-W680)/(W800+W680)$
PLANT SENESCENCE REFLECTANCE INDEX	$(W680-W500)/W750$
WATER BAND INDEX	$(W900/W970)$ $(W970/W900)$ $R1660/r550$
sausne i	$(w1037-w1463)/(w1037+w1463)$ $(w1037-w460)/(w1037+w460)$ $(w1060+w643)/(w1060+w643)$ $(w643-w460)/(w643+w460)$
brix	$(w998-w1463)/(w998+w1463)$ $(W760-W670)/(W760+W670)$ $(W800-W550)/(W1660+W680)$
masa	$(W643-W500)/(W643+W500)$
wb	$(W900-W970)/(W900+W9700)$



# Secinājumi






- Likopēna satura noteikšanai ir izstrādāti vairāki indeksi, kuru korelācijas koeficients ar bioķīmiskām analīzēm  $>0.9$ .
- $\beta$ -karotīna noteikšana ar nedestruktīvām analīzēm ir cerīga. Korelācijas koeficients 0.856.
- Korelācijas koeficienti lielāki par 0.5 ir sausnei, šķīstošajai sausnei, organiskajai skābei un fenoliem.



# Tomātu gatavības pakāpes novērtēšana

Pētījuma mērķis ir novērtēt nedestruktīvo metožu piemērotību tomātu gatavības noteikšanai. Atrast piemērotākos veģetācijas indeksus

Tomātu šķirnes oranžais 'Bolzano F1', sarkanaugļu 'Encore' un brūnaugļu 'Chokomate F1' audzētas SIA "Latgales dārzu loģistika" komerciālajā siltumnīcā "Mežvidi" un novāktas piecās gatavības pakāpēs.

green	breaker	turning	light red/yellow	red/orange
	Fizioloģiskā gatavība		Komerčiālā gatavība	Pilna gatavība
				

# Metodes

Indekss	Vienādojums
Lyc	$(W_{630}-W_{570})/(W_{630}+W_{570})$
$\beta$ -carotene	$(W_{630}-W_{487})/(W_{630}+W_{487})$
Greenness index	$W_{554}/W_{677}$
Plant senescence index	$(W_{680}-W_{500})/W_{750}$
NDVI ( chlorophylls)	$(W_{680}-W_{500})/W_{750}$
NDVI -1	$(W_{760}-W_{670})/(W_{760}+W_{670})$
CQI	$14,408 + 79,993W_{437} - 144,119W_{474} + 99,769W_{510} - 52,050W_{552} + 0,519W_{627} + 8,144W_{667} - 7,052W_{713} + 43,204W_{746} - 55,077W_{860} + 30,177W_{978}$

## Bioķīmiskās

Dry matter, g 100 g<sup>-1</sup>

Soluble solids Brix

Chlorophylls, mg 100 g<sup>-1</sup>

Lycopene , mg 100 g<sup>-1</sup>

$\beta$ -carotene , mg 100 g<sup>-1</sup>

Organic acids ( acidity), mgekv

Taste index=

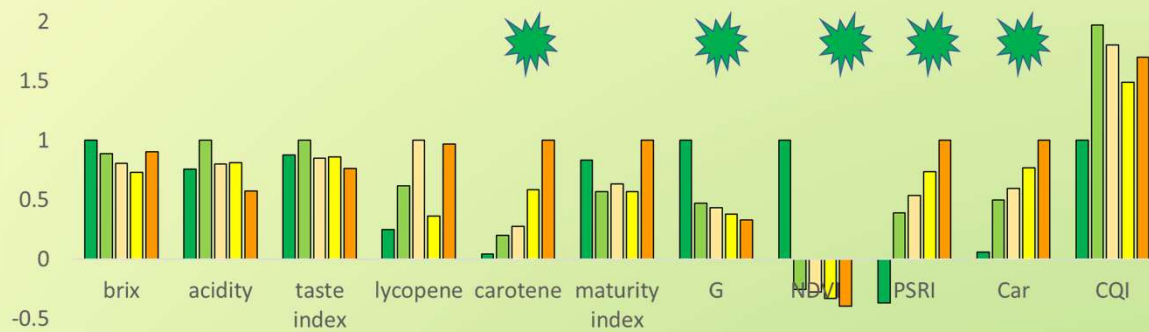
$\text{brix}/(20*\text{acidity})+\text{acidity}$

Maturity index= Brix/ acidity

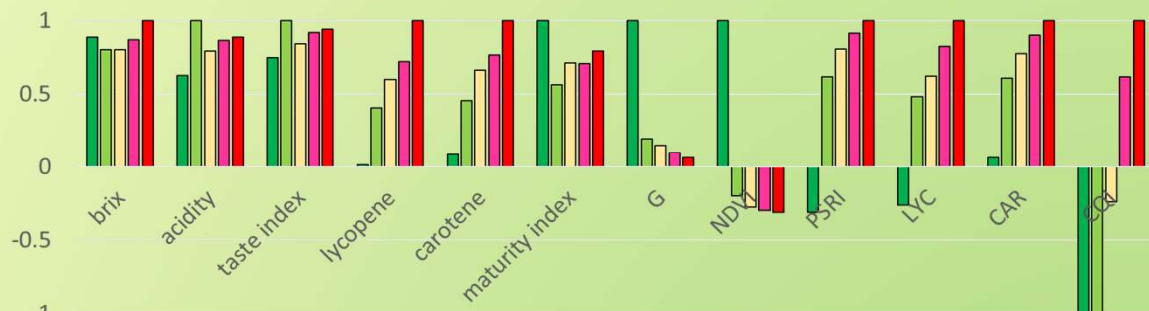
# Rezultāti



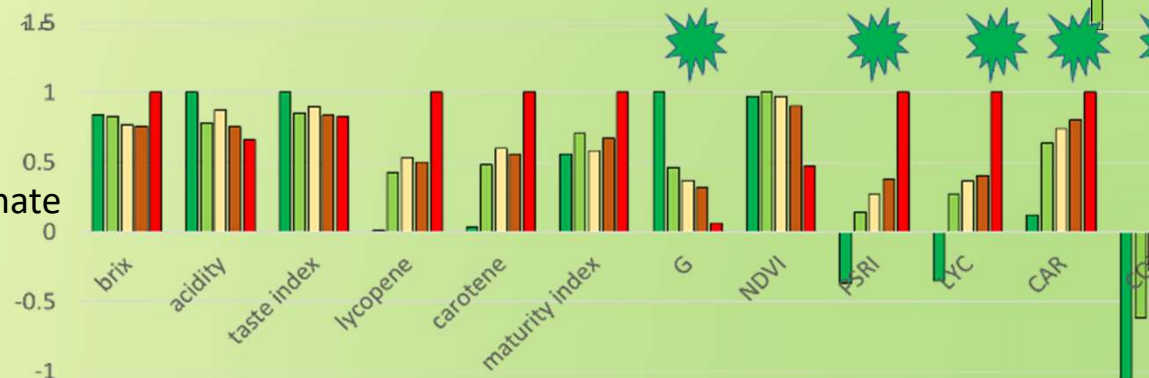
Bolzano



Encore



Chokomate



# Secinājumi

1. Nedestruktīvās metodes var izmantot tomātu gatavības pakāpes novērtēšanai.

Labākie indeksi Zaļuma indekss (Greenness index (G)),  
Augu novecošanas indekss (Plant senescence index (PSRI)),  
 $\beta$ -karotīna indekss ( $\beta$ -carotene )

2. Veģetācijas indeksi būtu jāpielāgo tomātu šķirnei.



# Gurķu augšanas un attīstības novērtēšana



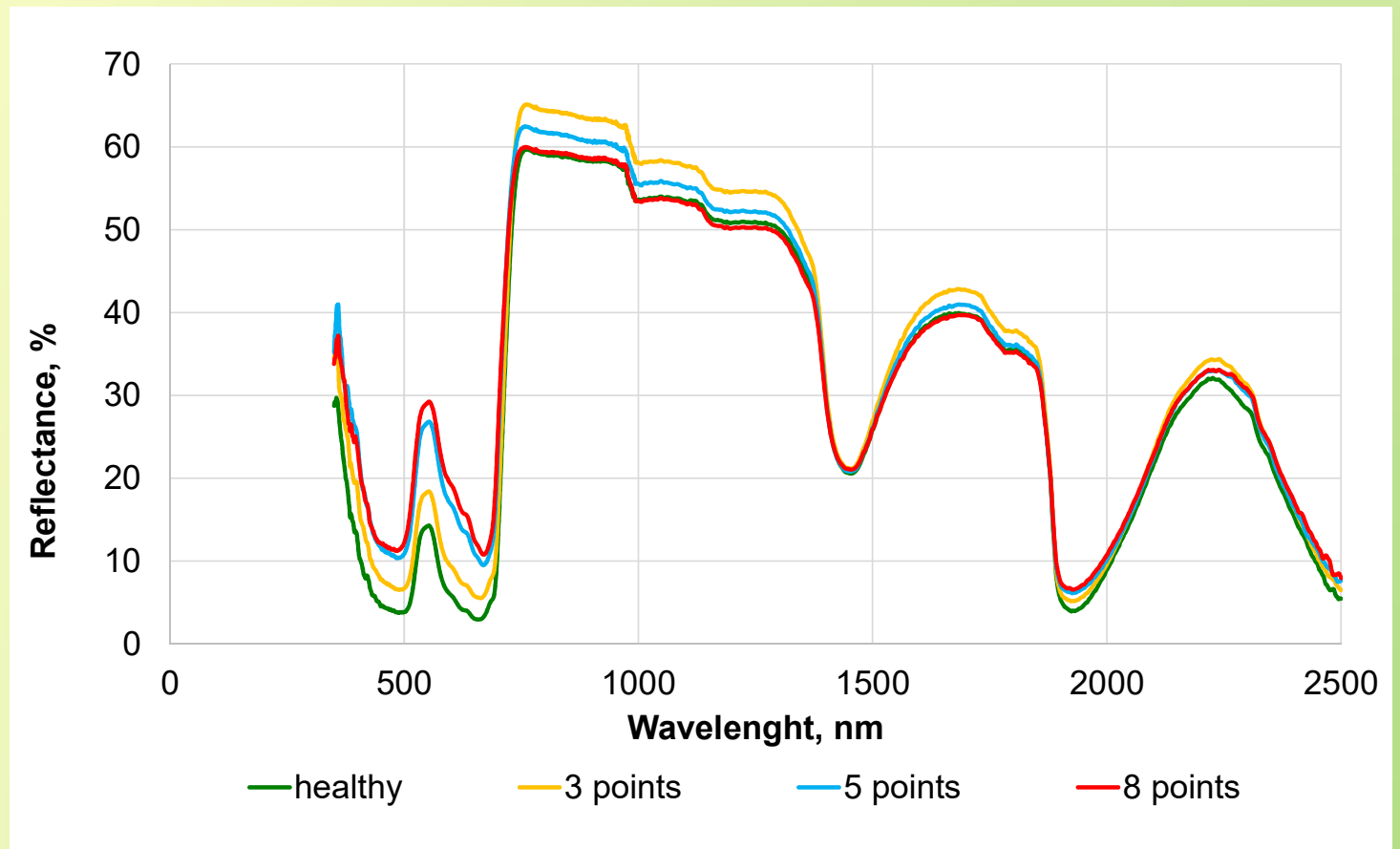


Vegetation index	LED		IND		HPSL	
<b>CRI1</b>	0.086	a	0.126	b	0.122	b
<b>CRT1</b>	1.332		1.228		1.347	
<b>GI</b>	3.444		3.206		3.553	
<b>LIC1</b>	0.778	a	0.806	b	0.819	c
<b>LIC2</b>	0.837		0.796		0.808	
<b>NDVI</b>	0.813	a	0.846	b	0.859	b
<b>PSRI</b>	0.005		0.016		0.016	
<b>SIPI</b>	0.775	a	0.811	b	0.823	b
<b>SRPI</b>	1.180		1.098		1.126	
<b>DPI</b>	0.225	a	0.329	b	0.279	a
<b>WBI3</b>	0.972	a	0.975	a	0.982	b
<b>WI</b>	1.051		1.045		1.035	

# Secinājumi

- Gurķu augi, kas audzēti zem Led cob Helle top LED 280, vidēji bija mazāki, ar mazāk hlorofila, karotinoīdu un fenolu, bet lapām ir augstāka hlorofila a un b attiecība un īpatnējais lapu laukums, salīdzinot ar tradicionāli siltumnīcās izmantotajām augstspiediena nātrija lampām (HPSL).
- Zem indukcijas lampām audzētie gurķu augi vidēji bija īsāki, bet ar lielāku lapu laukumu, ar augstāku hlorofila un karotinoīdu saturu, bet samazinātu fenolu saturu.
- **Lihtentālera indekss 1 (LIC1) un NDVI** ir noderīgi, lai novērtētu gurķu augu fizioloģisko stāvokli. **WB13** izmantojams gurķu augu ūdens satura novērtēšanai
- Neskatoties uz to, ka augi labi aug un normāli attīstās zem visām lampām, rezultāti liecina, ka gurķiem vispiemērotākās ir nātrija lampas. Ir nepieciešami turpmāki pētījumi, lai pielāgotu LED apgaismojumu gurķu audzēšanai.

# Gurķu miltrasas attīstības novērtēšana

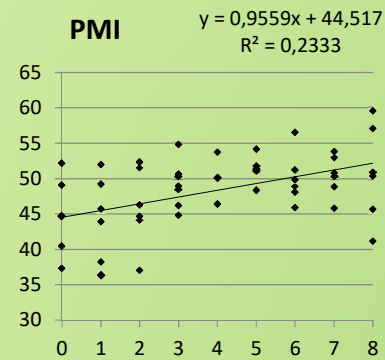
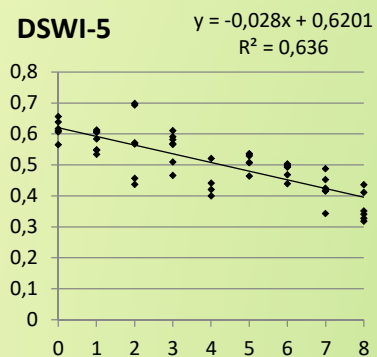
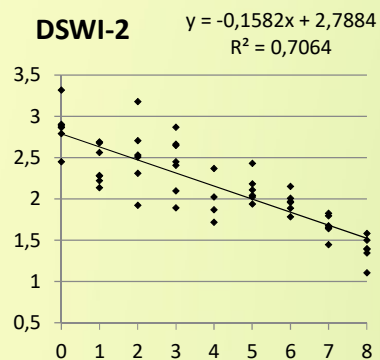
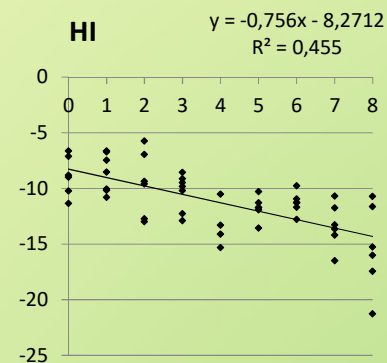
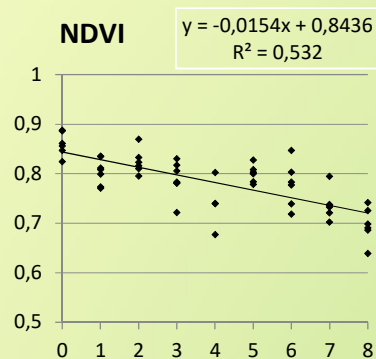
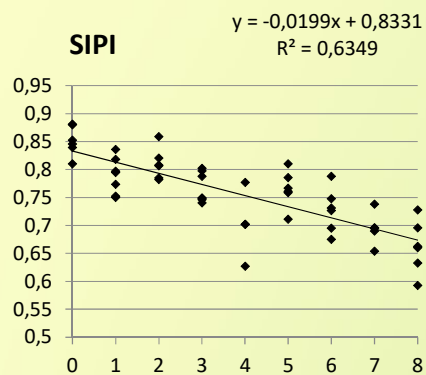


# Aprēķinātie indeksi

Vegetation index	Abbreviation	Equation
Carotenoids	CRI1	$\frac{1}{W510} - \frac{1}{W550}$
Greenness Index	GI	$\frac{W554}{W677}$
Lichtenthaler index 1	LIC1 (NDVI)	$\frac{W800 - W680}{W800 + W680}$
Lichtenthaler index2	LIC2	$\frac{W440}{W690}$
Normalized Difference Vegetation Index	NDVI (1)	$\frac{W760 - W670}{W760 + W670}$
Plant Senescence Reflectance Index	PSRI	$\frac{W678 - W500}{W750}$
Structure Intensive Pigment Index	SIPI	$\frac{W800 - W445}{W800 - W680}$
Simple Ratio Pigment Index	SRPI	$\frac{W430}{W680}$
Water use efficiency	WB13	$\frac{W950}{W900}$
Water Index	WI	$\frac{W900}{W970}$
Flavonoid reflectance Index	FRI	$\left(\frac{1}{W410} - \frac{1}{W460}\right)W800$
Red Edge Index	REI	$\frac{W760}{W730}$

Vegetation index	Abbreviation	Equation
Normalized Difference Index	CNDVI	$\frac{W750 - W705}{W750 + W705}$
Transformed Car Index	TCARI	$3[(W700 - W670) - 0.2 \frac{(W700 - W550)W}{W670}]$
Healthy index	HI	$\frac{W534 - W698}{W534 + W698 - 0.5W704}$
Powdery Mildew Index	PMI	$\frac{W520 - W584}{W520 + W584} + W724$
Disease-Water Stress Index 1	DSWI-1	$\frac{W800}{W1660}$
Disease-Water Stress Index 2	DSWI-2	$\frac{W1660}{W550}$
Disease-Water Stress Index 3	DSWI-3	$\frac{W1600}{W680}$
Disease-Water Stress Index 4	DSWI-4	$\frac{W550}{W680}$
Disease-Water Stress Index 5	DSWI-5	$\frac{W800 - W550}{W1660 + W680}$

# Veģetācijas indeksu atkarība no infekcijas pakāpes



Infekcijas pakāpe, punkti

# Secinājumi

1. Gaismas avots būtiski ietekmēja miltrasas attīstību. Zem HPSL vidēji 2x augstāka inficētības pakāpe nekā zem LED un IND.
2. Piemērotākie indeksi miltrasas noteikšanai ir DSWI-2, SIPI un NDVI. Pēdējie divi nav specifiski miltrasai.
3. Ar pašreizējām tehniskajām iespējām nevar aizstāt cilvēka «vērīgo aci» slimību identifikācijā.



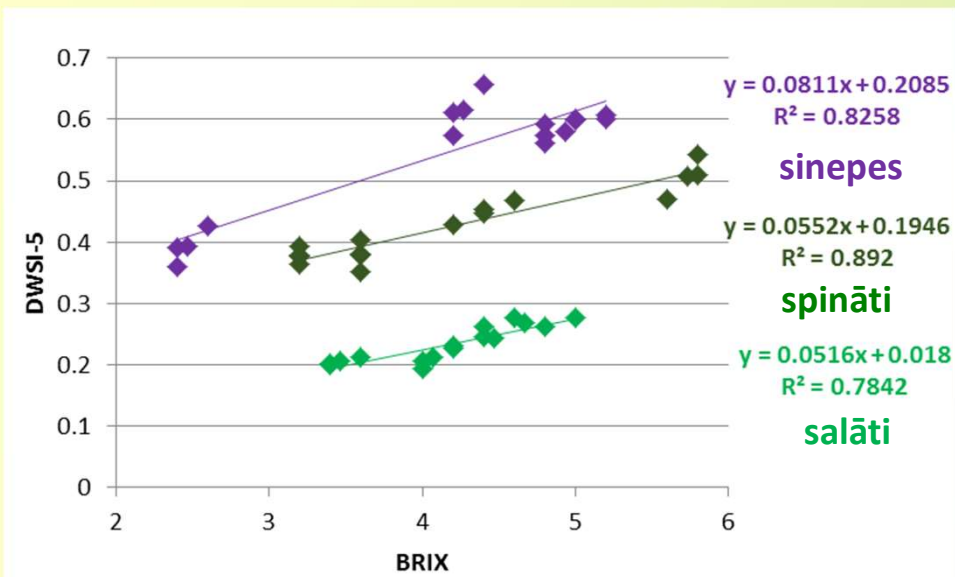
# VEĢETĀCIJAS INDEKSU IZMANTOŠANA SILTUMNĪCĀ AUDZĒTU LAPU DĀRŽEŅU AUGŠANAS UN ATTĪSTĪBAS NOVĒRTĒŠANĀ



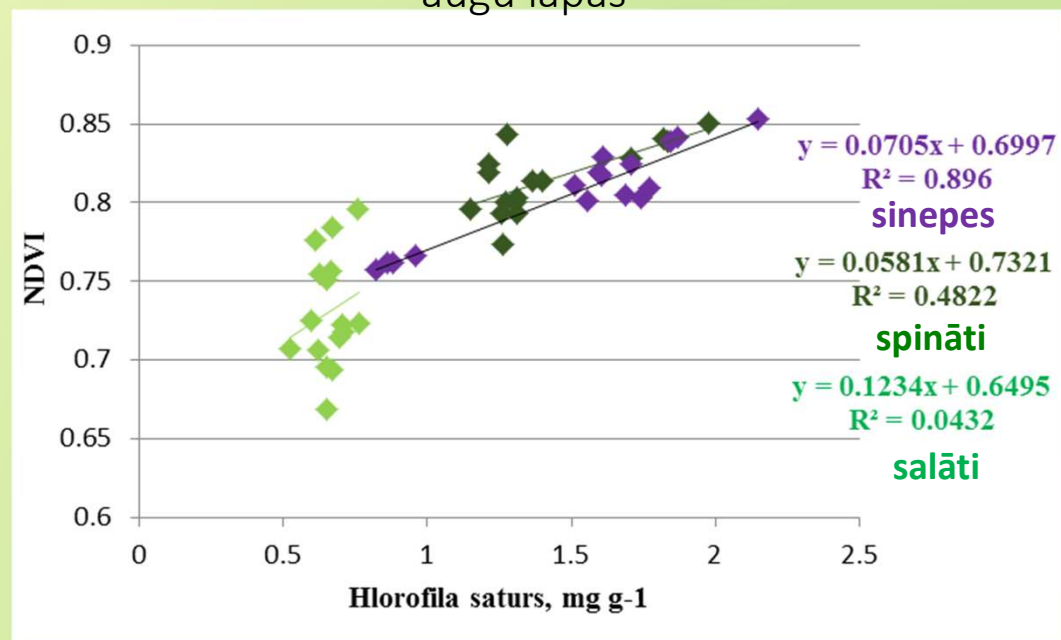
	Vegetation index	Abbreviation	Equation	Reference
	Carotenoids	CRI1	$\frac{1}{W510} - \frac{1}{W550}$	Gitelson et al., 2001
	Greenness Index	GI	$\frac{W554}{W677}$	Zarco-Tejada et al., 2001
	Normalized difference vegetation index	NDVI	$\frac{W800 - W680}{W800 + W680}$	Lichtenthaler, 1996
	Pigment specific simple ratio for chl a	PSCA	W800/W674	<a href="https://www.indexdatabase.de/">https://www.indexdatabase.de/</a>
	Pigment specific simple ratio for chl b	PSCB	W800/W649	<a href="https://www.indexdatabase.de/">https://www.indexdatabase.de/</a>
	Structure Intensive Pigment Index	SIPI	$\frac{W800 - W445}{W800 - W680}$	Peñuelas & Filella 1998,
	Simple Ratio Pigment Index	SRPI	$\frac{W430}{W680}$	Peñuelas et al., 1994
	Plant Senescence Reflectance Index	PSRI	$\frac{W678 - W500}{W750}$	Merzlyak et al., 1999
	Water Index	WI	$\frac{W900}{W970}$	Peñuelas et al., 1997
	Flavonoid reflectance Index	FRI	$\left(\frac{1}{W410} - \frac{1}{W460}\right)W800$	Skoczowski et al., 2021
	Normalized Difference index	CNDVI	$\frac{W750 - W705}{W750 + W705}$	Lu et al.,2018
	Disease-Water Stress Index 1	DSWI-1	$\frac{W800}{W1,660}$	Apan et al., 2004
	Disease-Water Stress Index 2	DSWI-2	$\frac{W1,660}{W550}$	Apan et al., 2004
	Disease-Water Stress Index 3	DSWI-3	$\frac{W1,600}{W680}$	Apan et al., 2004
	Disease-Water Stress Index 4	DSWI-4	$\frac{W550}{W680}$	Apan et al., 2004
	Disease-Water Stress Index 5	DSWI-5	$\frac{W800 - W550}{W1,660 + W680}$	Apan et al., 2004
	Difference leaf canopy biomass	DLCB	W2160/W1540	<a href="https://www.indexdatabase.de/">https://www.indexdatabase.de/</a>
	N stress	NSI	$\log(1/1510nm) - \log(1/1680nm)$	<a href="https://www.indexdatabase.de/">https://www.indexdatabase.de/</a>



## Sakarība starp DSWI-5 un šķīstošās sausnes saturu



## Sakarība starp NDVI un hlorofilu saturu augu lapās



# Secinājumi

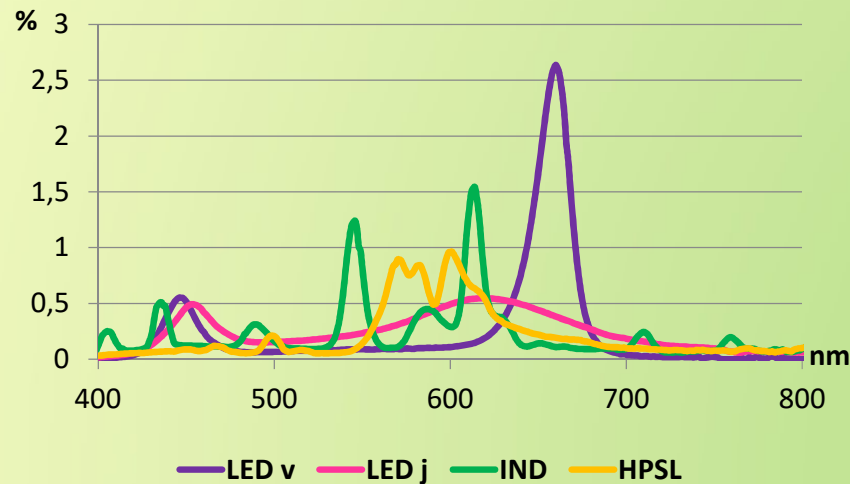


LED COB "HELLE  
TOP LED 280"



Indukcijas lampas

1. Papildapgaismojuma spektrālais sastāvs būtiski ietekmē gan ievākto lapu dārzeņu ražu, gan to kvalitāti. Sinepēm un spinātiem rekomendējama 1. paaudzes LED, salātiem HPSL.
2. Daļu bioķīmisko analīžu var aizstāt ar nedestruktīvajām, bet, lai to darītu, nepieciešama spektrometra rādījumu kalibrācija pēc bioķīmisko analīžu datiem.



LED j



High Pressure  
Sodium Lamps  
"Helle Magna" <sup>26</sup>

# Secinājumi

1. Papildapgaismojuma spektrālais sastāvs būtiski ietekmē gan ievākto lapu dārzeņu ražu, gan to kvalitāti. Sinepēm un spinātiem rekomendējama pirmās paaudzes LED, salātiem HPSL.
2. Daļu bioķīmisko analīžu var aizstāt ar nedestruktīvajām, bet, lai to darītu, nepieciešama spektrometra rādījumu kalibrācija pēc bioķīmisko analīžu datiem. Labākie rezultāti iegūti izmantojot indeksu DSWI-5 šķīstošās sausnes noteikšanai.



*Paldies par uzmanību!*



NACIONĀLAIS  
ATTĪSTĪBAS  
PLĀNS 2020



EIROPAS SAVIENĪBA  
EIROPA INVESTĒ LAUKU APVIDOS  
Eiropas Lauksaimniecības fonds  
lauku attīstībai

Atbalsta Zemkopības ministrija un Lauku atbalsta dienests

Pētījumi veikti projekta „Inovatīvu risinājumu izpēte un jaunu metožu izstrāde efektivitātes un kvalitātes veicināšanai Latvijas siltumnīcu sektorā [IRIS]” ietvaros.